

圧縮成形乾草の製造施設と製造技術上の問題点について

高畑英彦
(帯広畜産大学)

I はじめに

圧縮成形乾草は、形状によりヘイクューブ、ヘイコブ、ヘイウエハ、ヘイベレット等々に分類することができるが、我国では、ペレット以外の総称としてヘイクューブと呼ぶ習慣があり、これらを製造する施設をヘイクューバ又はヘイクューブ・プラントと呼んでいる。

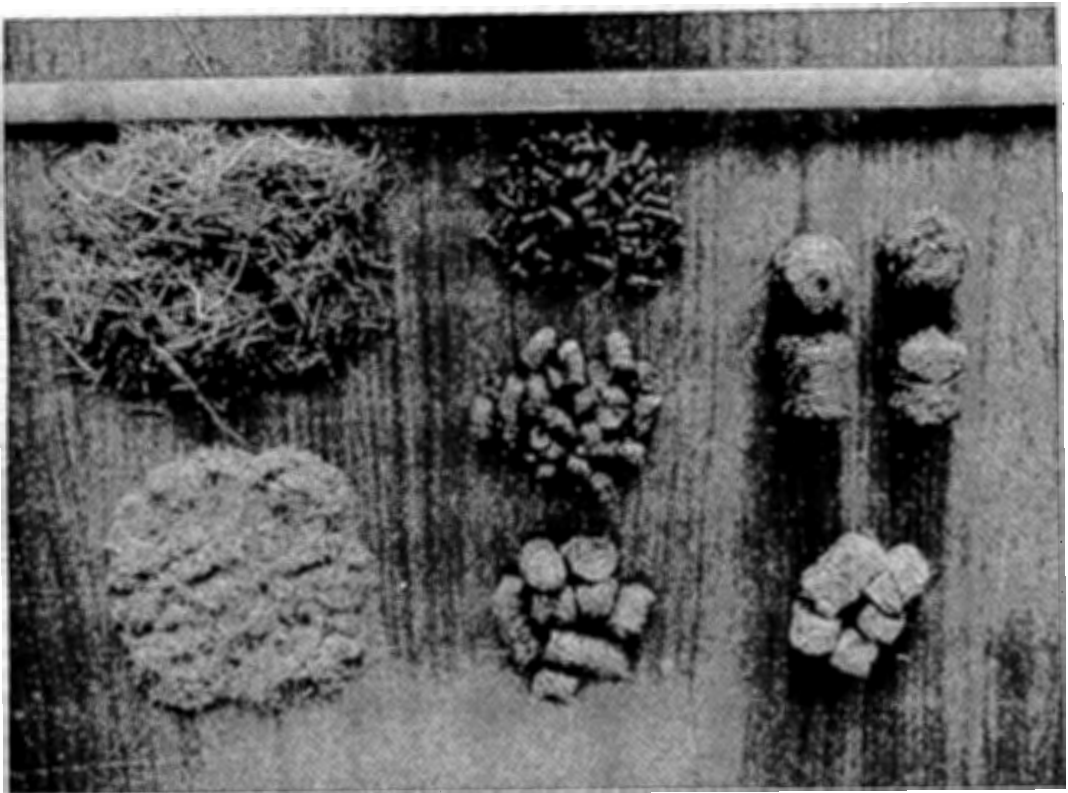


写真-1 圧縮成形乾草のいろいろ。
左上ドラムで乾燥した成形材料、左下粉碎したグラスミール
中央上からヘイベレット8mmφ、ヘイコブ16mmφ、ヘイコブ30mmφ、
右上ヘイウエハ60mmφ、ヘイクューブ30mm角

ドライヤとヘイウエハ成形機を一体化したものをヘイウエハラーと呼んで区別することもあるが、広義的にはヘイクューバの一種として扱われているのが実情である。圧縮成形乾草が、国際的な流通粗飼料として重要視されるようになってから10数年しか経過していないが、その発展は目ざましいも

のがある。1972年の統計では、ヨーロッパ全域で約300万トン、ソ連が250万トン、アメリカはカリフォルニア州だけでも100万トンの圧縮成形乾草が生産されている。我国は1968年にヘイキューブの国産化を始めているが、統計的には無に等しい生産量である。国土利用の効率を高め、食糧自給率を向上させるためにヘイキューブ生産の意義が評価されつつあり、今後更にプラントが新設される気配にあると言えよう。

しかし、技術的歴史が浅いため、プラントの効率的運用をはかるための諸問題が山積している。筆者らは、今日まで設置された各種輸入プラントについてヘイキューブの製造技術に関する問題を実験的に検討してきたが、まだ途中であり、各種問題点の体系的な整理解答が得られていない現状である。断片的な資料ではあるが、ヘイキューブプラントの概念と、当面している技術上の問題点について検討する資料になれば幸いである。

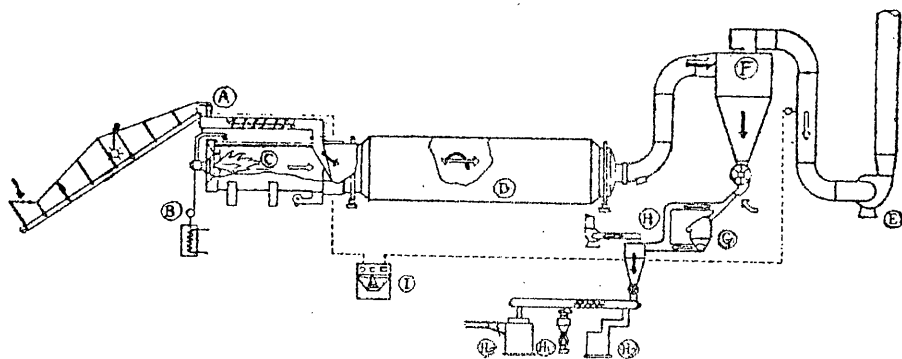
なお、資料は帯広畜大、十勝農試、北農試畑作部の三者協力して行った実験結果を引用したことを附記する。

II ヘイキューブプラントの構造上の比較

北海道に導入施設された輸入プラントは、49年に操業開始予定のものを含め4種類である。デンマークのアトラス社とターラップ社、オランダのファンデン・ブルーク社、アメリカのエアログライド社のプラントであるが、ターラップ社以外のプラントは、成形機に他社製を採用している。アトラスとファンデン・ブルークの各プラントは西ドイツのアマンダス・カール社のプレス、エアログライドはアメリカのスプラウト・ワールドロン社製のプレスと組合せたプラントである。

いずれのプラントも圧縮成形乾草の製造工程は同一であり、原料草の受入れ→ドラムによる乾燥→蒸気と材料の分離→材料のプレスへの供給→プレスで成形→成形物の冷却→収納の工程である。

(図-1~3 参照)



牧草の火力乾燥・成形の工程

- | | | | | | |
|---|-------------|----------------|--------|----------------|------------|
| A | スクリュウ コンベヤー | E | ファン | H ₂ | ペレット成形機 |
| B | オイル加温施設 | F | サイクロン | H ₃ | ウエハー成形機 |
| C | 炉 | G | ハンマーミル | I | コントロール デスク |
| D | ドライヤー | H ₁ | 袋詰機 | | |

図-1 アトラス(デンマーク)ヘイキューブの工程図

(十勝農協連幕別種畜牧場導入機種)

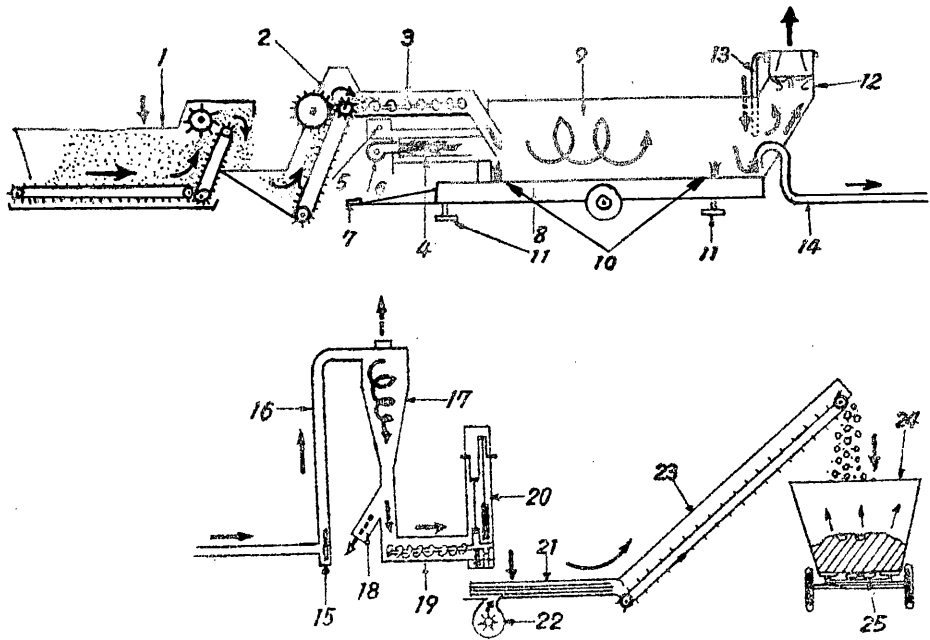


図-2 ターラップ社製移動式グリーン・クロップ・ドライン・プラント成形乾草(ウエフ
 ァー)製造工程図 1.ダンブ・ボックス 2.インクラインド・フィーダー 3.フィー
 ディング・オーガー・コンベアー 4.燃焼炉 5.ブロー(空気送入ファン) 6.オ
 イル・バーナー 7.けん引棒 8.フレーム(エンジン用オイル・タンク) 9.乾燥ド
 ラム 10.ドラム支持部(ローラー) 11.スタンド 12.メイン・サイクロン(セパレー
 ター) 13.ダクト(粉末乾草返却ダクト) 14.サクシジョン・チューブ 15.吸引ファン
 (乾草を吸引する) 16.ダクト 17.サイクロン 18.フラップ・ボックス 19.ブレン
 プレス・オーガー 20.成形機(ピストン式) 21.ウエフアー・シュート 22.ファン(ク
 ーリング・ブロー) 23.コンベアー 24.クーリング・トレーラー 25.ファン

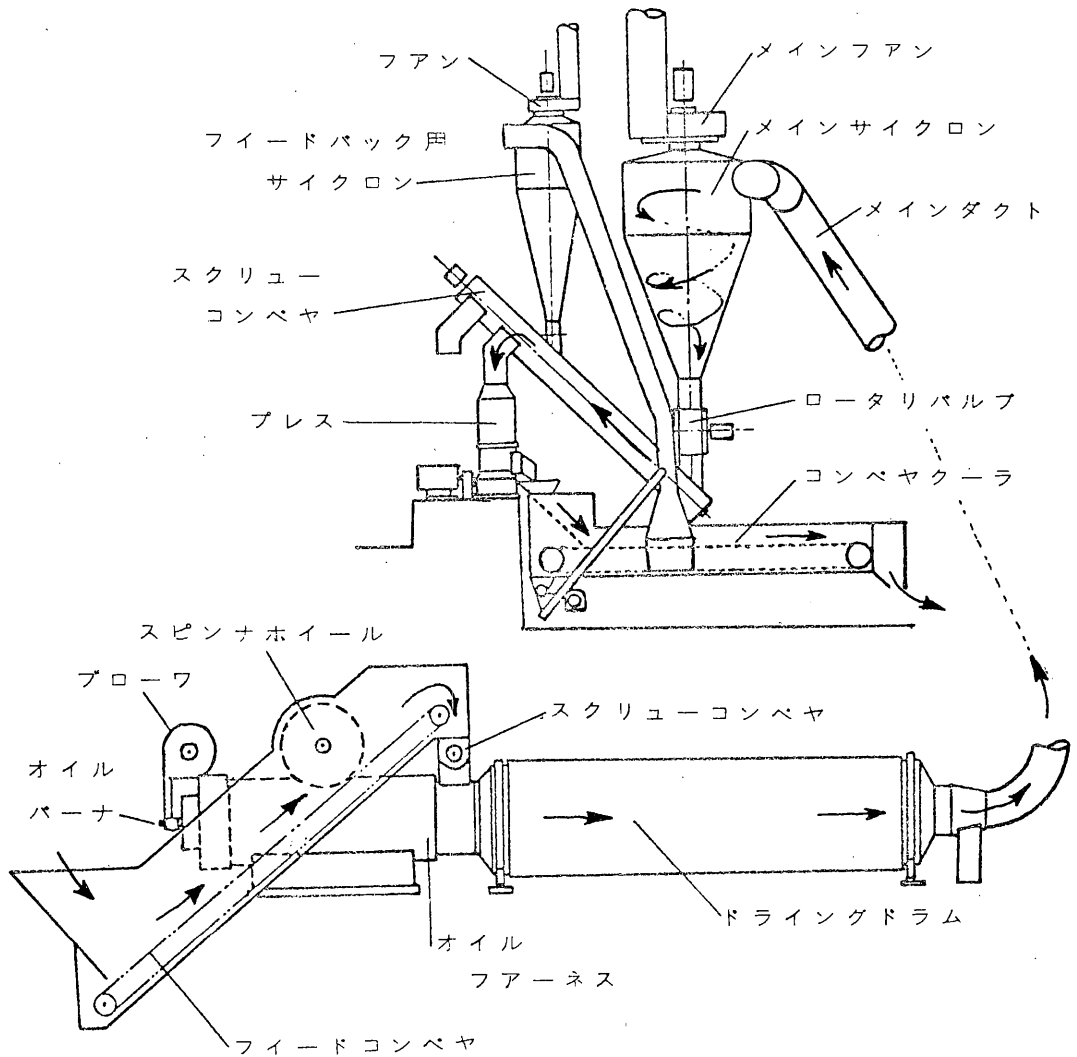


図-3 ファンデン・ブルーク A A-25 型プラントの製造工程図

各プラントの比較上大きな相違点は、ドラムの構造と、プレスの機構である。また、ドラム温度の制御機構と関連して、原料草のドラムへの供給方法に各社独特の工夫が見られる。以下、プラント別に特徴とされる点を列記する。なお、主要仕様を次に一括表示する。(表-1)

表-1 各種輸入ヘイキューブプラントの主要仕様

プラント導入メーカー		デンマーク・アトラス社		デンマーク・ターラップ社	オランダ・ファンデンブルク社	アメリカ・エアログライド社
" 型式		GT-2.5		TU-22	AA-25	TNK-40
" 導入年度		昭和46年	昭和47年	昭和46年	昭和47年	昭和49年
" 設置場所		十勝農協連幕別種畜牧場	同左	十勝清水町 スプリングファーム	農林省十勝種畜牧場	大樹町農協
ドラム	材料通過方式	シングル・パス方式		シングルパス方式	パーティションド・ シングルパス方式	スリーパス方式
	大きさ(直径)×(長さ)	1700φmm×8460mm		全長全巾全高 本機サイズ115m32m36m	1910φmm×8490mm	2654φmm×7200mm
	回転速度	5~15rpm(可変式)		17rpm(一定)	3rpm(一定)	15rpm(一定)
	公称蒸発能力	2500kg/hr		2200kg/hr	2500kg/hr	4000kg/hr
燃料 および 施設	燃料の種類	AおよびB重油		エンジン バーナ 軽油 灯油	AおよびB重油	A~C重油
	オイルバーナ能力	60~200kg/hr		50~185kg/hr	50~200ℓ/hr	400ℓ/hr
	燃料タンク容量	10kl		灯油 2kl	10kl	20kl
メイン ファン	型式	HB 800/300		自家製の為 不明		風量 静圧
	能力	風量 300 m ³ /min 静圧 300mmAq		"		424 m ³ /min 170 mmAq
	動力	30HP/2900 rpmモータ		"	50 HP	47 HP
製品	製品の形状	キューブ	ウエファー	ウエファー	キューブ	キューブ
		直径 30mmφ	直径 5.6 cmφ	直径 6cmφ 長さ 5-10cm	直径 24mmφ 16mmφ	25mmφ、3cm角
プレス	製作メーカー	西独、アマンダス・カル社	デンマーク・デ.スミス社	ターラップ	西独、アマンダス・カル社	アメリカ・スプラウト ワルドロン社
	型式	G85-30/3K	EP-3	-	G100-38/4K	501-H-100
	能力(公称)	1000~1600kg/hr	1500~2000kg/hr	下に同じ	1500~2000kg/hr	4000kg/hr
	"(実用)	700~900kg/hr	700~900kg/hr	平均 最大 500-700kg/hr 900	700~900kg/hr	1100~1500kg/hr
	動力(原料水分75~80%)	75HP/1500rpmモータ	60HP/1400rpmモータ	ディーゼルエンジン 55HP/ 2150rpm	100HP/1500rpm	100HP
分類	平盤形ロータリーダイ	ピストンタイプ	ピストンタイプ	平盤形ロータリーダイ	輪形ロータリーダイ	

(1) アトラス GT-2.5型プラント

ドラム：図-4の一層式ドラムであり、シングルパス方式とも呼び、標準的な構造である。

ドラム内壁のリフターブレードと中央部の十字型の拡散用仕切り板により、材料と熱風の熱交換を良くしている。

ドラム内温度の制御方法：バーナ火力を一定に保っているため、ドラム出口の温度の変化に対応して、原料供給コンベアを自動的に運転、停止する機構になっている。

プレス：ロータリ・ダイ・プレス的一种でディスクダイがあり、ローラによって材料をダイに押しこむ。十勝農協連に導入したダイの孔径は30mmφである。

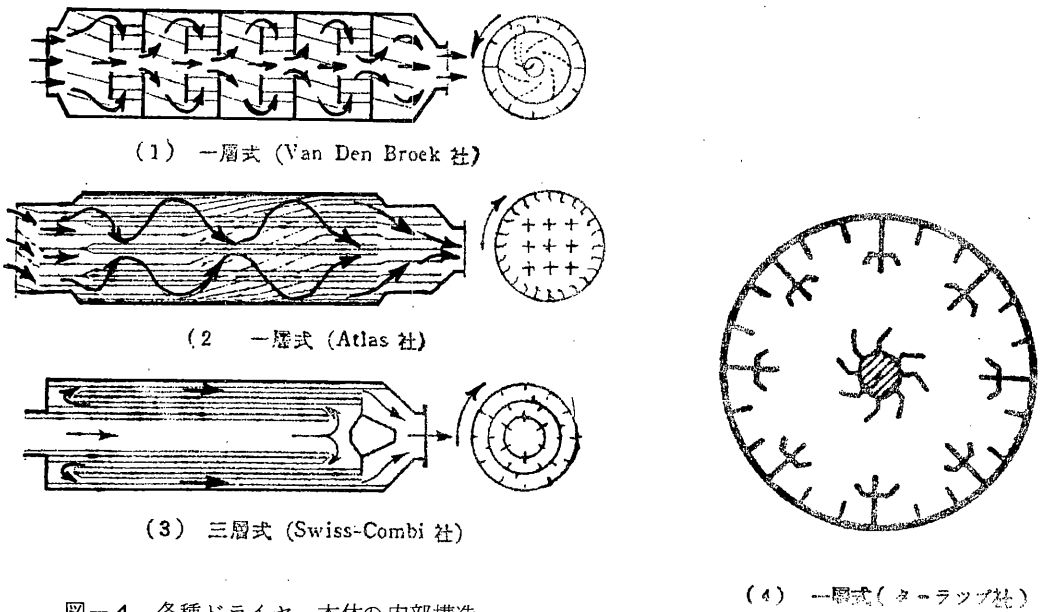
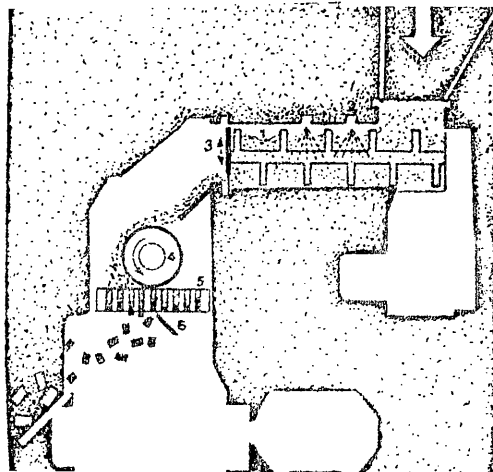


図-4 各種ドライヤー本体の内部構造

三層式は、スイスコンビ社以外にアメリカのヘイル社、エアログライド社、フランスのプロミル社が採用している。



1. 攪拌・送り込みスクルー
2. 澱粉、油、水、水蒸気の添加
3. 乾草の送り込み量調整口
4. パン・グラインダー（ローラー）
5. ホリゾンタル・フラット・ダイ
（平盤鋳型）
6. カッティング・デバイス

図-5 平盤形ロータリダイプレスの説明図

(2) ターラップ・ユニドライTU-22型

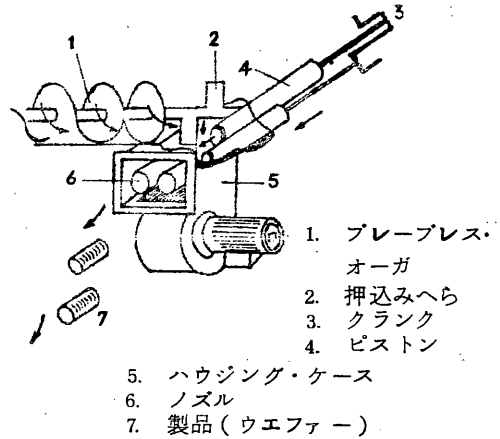
ドラム：図-4の1層式であり、リフターの形状、取付位置が異なる。本機はドラムとエアセパレータが直結し、可搬式ドライヤーとしてコンパクトに作られている。

ドラム内温度の制御方法：バーナ火力は一定であるが、原料供給速度をドラム出口温度の変化によって自動的に加減する機構になっている。

プレス：ピストン型プレスである。スクリーユコンベア形のブリプレスによって圧入された材料をピストンでシリンダに押しこむ。

成形物の径は約60mmでウエハー専用成形機である。

図-6 ピストンタイプ
(デンマーク、ターラップ社、移動式プラント)



(3) ファンデン・ブルークAA-25型プラント

ドラム：1層式ではあるが図4に示すようにドラム内部が仕切れ、独特の構造である。すなわち、材料はリフターで上方から中央の孔の直前に落され、軽いものだけ次の仕切りに移動するようになっている。

ドラム内の温度の制御方法：原料の供給速度は一定であり、ドラム出口の温度の変化により、バーナの火力が自動的に高低2段のいずれかに切換えられる。

プレス：ロータリ・ダイ・プレスの平盤型である。農林省十勝種畜牧場に導入されたディスクダイの孔径は、16mmと26mmの2種である。

(4) エアロ・グライドTNK-40型プラント

ドラム：三層式ドラムでスリーパス方式と呼ばれる。他のドラムに比較して単純なりフターであるが、ドラム長さに対する材料通路長さが3倍近く、ドラム長さを短かくできる特長がある。

ドラム内温度の制御方法：大樹町農協に導入されたプラントでは、ドラム出口温度の変化に対応してバーナの火力コントロールと、原料供給コンベアの自動変速を行うようになっている。

プレス：ロータリ・ダイ・プレス的一种でリング・ダイ式と呼ばれる。大樹町農協に導入されたリング・ダイの種類は30mm角型ダイと26mmφの円孔ダイの2種である。

以上の外に、十勝農協連では、デンマークのウエハー成形機(デスマ F P - 3型)を導入している。ピストン式の成形機である。

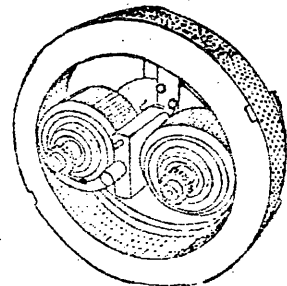


図-7 リングダイ

定置式のプラントは、メインサイクロンの次にハンマーミルの工程をつければ、グラスミールを製造でき、更にダイの孔径を小さくしてヘイベレットを製造する工程に発展させることも可能である。このほかに、異種の材料を混合する装置を組みこむことも可能であるが、プラント設計の段階で機械配置計画を考慮してなければ、これらの装置を追加できない場合が多い。

Ⅲ 圧縮成形乾草の製造技術上の問題点について

1 プラントの運転状況を把握するための項目と計算法

毎時水分蒸発量は、原料草と製品の含水率と、毎時成形量を測定すれば、次式によって計算できる。

$$E = M(X_1 - X_2) / (100 - X_1) \dots\dots\dots(1)$$

ここに E = 毎時水分蒸発量 (kg/hr)

M = 毎時成形量 (kg/hr)

X₁ = 原料草の含水率 (%W.B.)

X₂ = 製品の含水率 (%W.B.)

表-2は、製品の含水率を10%とした時の原料草含水率と毎時成形量の関係を毎時水分蒸発量別に示したものである。

表-2 水分蒸発量と原料草および製品の関係

	90 (%)		85 (%)		80 (%)		75 (%)		70 (%)	
	原料草	製品	原料草	製品	原料草	製品	原料草	製品	原料草	製品
2500	2812	312	3000	500	3214	714	3462	962	3750	1250
4000	4500	500	4800	800	5142	1142	5538	1538	6000	2000
6000	6750	750	7200	1200	7714	1714	8307	2307	9000	3000
10000	11250	1250	12000	2000	12857	2857	13846	3846	15000	5000
12500	14065	1565	15000	2500	16070	3570	17300	4800	18750	6250
15000	16875	1875	18000	3000	19285	4285	20770	5770	22500	7500
17500	19690	2190	21000	3500	22500	5000	24230	6730	26250	8750
20000	22500	2500	24000	4000	25715	5715	27690	7690	30000	10000

毎時原料草処理量を R (kg/hr) とすると、

$$R = M(100 - X_2) / (100 - X_1) \dots\dots\dots(2)$$

となる。

また、乾燥効率 Y (%) は、燃料消費量に対する蒸発水量の関係から求めた熱効率とすると、次式で計算できる。

$$Y = (539.1 E / F \cdot C \cdot H_f) \times 100 \dots\dots\dots(3)$$

ここに F = 毎時燃料消費量 (ℓ/hr)

C = 燃料の比重 (kg/ℓ)

H_f = 燃料の発熱量 (Kcal/kg)

なお、ドラム内の蒸発水の温度は100℃として常圧下の蒸発潜熱539.1Kcal/kgを用いて簡便計算式(3)式を作った。

これらの3つの基本式により、プラントの運転状態の良否を現場で把握できる。

乾燥効率に関して、アトラス社は、含水率80%の原料草に於いて70%以上の数字が出ること

を保証しているが、これは、プラントの運転操作技術の良否を判断するための基準として考えることができる。

その他、プラントの作業日誌を細部項目にわたって記入し、後日集計整理すると、プラントの操業実績ならびに、プラント操業のための環境（天候、原料草の草種、細断長、刈取ステージ、含水率等々）に対する成形量、製品の形質等の関係が明らかにできる。

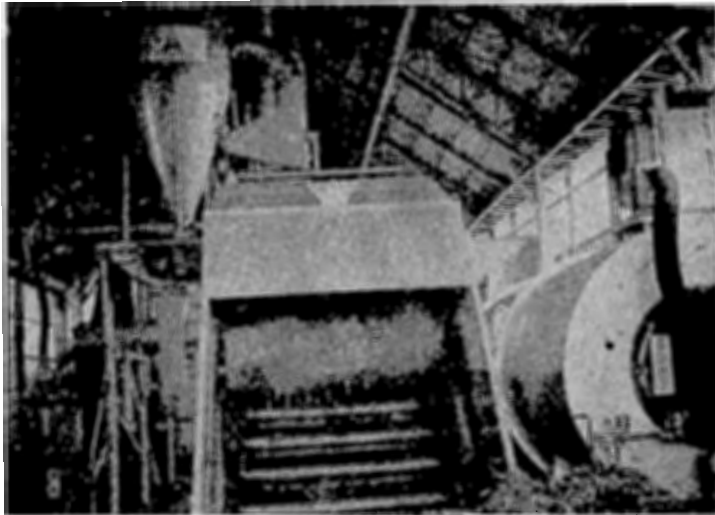
また、運転操作の方法がプラントの毎時原料処理量又は成形量に及ぼす影響について、検討する資料となる。

2 各種プラントの性能試験結果の一例

(1) アトラスGT-2.5型プラント

表-3に46年8月31日の試験結果を示す。原料草の含水率が83.5～86.0%で比較的高く、ドラムの公称能力以上に蒸発した時間帯もあった。乾燥効率もドラムが十分に加熱されてから次第に向上し、午後には74.3%達した。この試験に関しては、カタログ性能を満したと言って良い。

この試験で明らかになったことは、ドライヤーの運転初期は、オイルファーネスならびにドラムが十分蓄熱又は加熱された状態でないため効率が低かったことである。そのためオイルバーナの火力を大きくし、ドラム出口温度の設定値に維持することが困難になった時点で火力を下げ、正常運転に入っている。テスト611の時間帯がそれであるが、8時～18時の操業時間の内、わずか3.48時間の間である。操業時間の延長は、燃料消費量の節約の意味からも効果が大きいと言える。



写真一2 十勝農協連、幕別種畜牧場のヘイキューブプラント
左下 プレス、中央 フィードコンベヤ
右 バーナ、ドライングドラム

表-3 アトラスGT 2.5型ヘイキューブプラント性能試験結果(昭和46年)

		テスト日付		8月31日		
		テスト No.		9	10	11
運 転 条 件	測定時刻(始)	(時分)	8° 54'	10° 57'	13° 39'	
	(終)	(時分)	10° ~ 02'	11° ~ 46'	17° ~ 08'	
	測定時間	(hr)	1.13	0.82	3.48	
	オイルバーナの位置		4.75	5.00	4.00	
	エアーダンパーの位置		4.0	4.0	4.0	
	ドシメータの位置		1.75~2.00	2.25	2.25	
	ドラムの回転数	(rpm)	10.0	8.0	9.4	
	熱風温度(出口)	(°C)	136	135	134	
	燃料温度	(°C)	40~55	40~42	36~40	
	圧 力	一次	(kg/cm ²)	2.8~3.0	2.6	2.6~2.8
		二次	(kg/cm ²)	2.5~2.6	2.2	2.2~2.4
	プレス電流	(A)	95~100	90~95	90~95	
	メイファン電流	(A)	60	50	55	
添加水量	(cc/min)					
原 料	牧草の種類		チモシー			
	搬入草重量	(kg)	3,337.0	2,733.7	1,044.4	
	初期水分	(%)	85.9	86.0	83.5	
製 品	製品の形態		キューブ			
	製品重量	(kg)	552.6	443.8	1,983.3	
	製品水分	(%)	15.0	13.8	13.3	
性 能	毎 時	処理量	(kg/hr.)	2,953.1	3,333.8	3,000.4
		製品流量	(kg/hr.)	489.0	541.2	569.9
		水分蒸発量	(kg/hr.)	2,464.1	2,792.6	2,430.5
		燃料消費量	(l/hr.)	209.2	218.2	182.2
		電力消費量	(KWH)	60.8	60.8	81.2
	熱消費量	(Kcal/kg)	823.1	757.5	726.9	
	乾燥効率	(%)	65.6	71.3	74.3	

表-4 ターラッ・ユニドライTU22型性能試験結果

試験期日、天候、場所		昭和46年9月23日(快晴) 於清水町			10月18日(晴) 於中標準町			
測定時刻		13°50'~14°37'	14°37'~15°48'	15°48'~17°07'	9°15'~10°24'	10°24'~12°26'	12°44'~13°46'	
測定時間 (hr.)		0.783	1.183	1.317	1.15	2.03	1.03	
外気温度 (°C)		22.5~21.5	21.5~20.5	20.5~20.4	13.1~13.7	14.4~16.0	13.2~14.2	
外気湿度 (%)		40~42	43~53	53~54	50~60	41~50	45~60	
運転条件	炉内温度 (°C)	500~710	710~730	730~740	720~770	770~780	780~790	
	炉内温度(平均) (°C)	(700)	(710)	(740)	750	770	780	
	ドラム入口温度 (°C)	580~640	640	640~660	620~630	620~650	610~630	
	ドラム入口(平均) (°C)	(640)	(640)	(650)	620	640	620	
	ドラム出口温度 (°C)	190~145	145~125	125	135~145	135~140	135~140	
ドラム出口(平均) (°C)	(180)	(135)	(125)	140	140	140		
原料	混播草種	イタリアンライグラス, ラジノクローバ, オーチャード			クローバー, オーチャード, その他			
	混播割合	75%	20%	5%	31.5(%)	51.6(%)	16.9(%)	
	平均草丈	55cm	28cm	39cm	30~45(cm)	70(cm)		
細断長 (cm)		3.0±2.1	2.5±1.3	2.8±1.5	約 3.0			
水分変化	原料草水分 (%)	85.9	85.9	86.0	73.9	74.7	68.3	
	サイクロン内 (%)		13.7	14.7				
	ウエーハコンベア入口 (%)		12.2	11.8				
	ウエーハコンベア中間 (%)		13.3	13.5				
	ウエーハ(製品) (%)	12.1	12.2	13.0	15.8	13.1	10.6	
性能	毎時	処理量 (kg/hr.)	1975.9	2409.9	2746.4	2501.5	2555.7	2845.5
		製品流量 (kg/hr.)	317.0	387.0	442.0	775.4	744.1	1009.0
		水分蒸発量 (kg/hr.)	1658.9	2022.9	2304.4	1726.1	1811.6	1836.5
		燃料消費量 (ℓ/hr.)	174.0	188.0	193.0	200.1	200.1	200.1
蒸発水1kg当熱消費量 (Kcal/kg)		849.5	752.7	678.3	938.9	894.6	882.4	
乾燥効率 (%)		63.5	71.6	81.6	57.4	60.3	61.1	

(注) 供試燃料(比重0.794kg/ℓ, 発熱量10,200Kcal/kg)

(2) ターラツプ・ユニドライTU-22型

46年9月23日と10月18日に実施した試験結果を表-4に示す。本機の場合も、乾燥効率は時間経過と共に向上する傾向が認められた。10月の試験で効率がやや低いが、早朝霜がおきる時期であり、外気温の影響が大きかったためである。9月の試験では毎時蒸発量は公称能力をはるかに上廻る成績であり、10月の試験では、毎時成形量が平均1,009kg/hrに達し、恐らく最大能力に近い運転であったと思われる。製品は、緑度が高く、密度は0.7~0.8g/cm³であり、繊維の破壊もなく、また栄養分析の結果でも可消化蛋白質の損失は原料草に対して約1%に留まり、申し分のない状況であった。

ドライヤーの能力とプレス機の能力のバランスが良く、運転操作技術が熟練すれば上記のような驚異的な性能を出し得ることが明らかになった。

(3) ファンデン・ブルークAA-25型プラント

表-5に47年8月31日の試験結果を示す。

表-5 ファンデンブルークAA-25型性能試験結果

試験日付		47年8月31日			
測定時刻	(始)	10:30	12:30	14:30	
"	(終)	11:30	14:00	15:30	
測定時間	(hr)	1.0	1.5	1.0	
運 転 条 件	オイル弁開度	6.25	6.25 ~ 6.5	6.5	
	スピナナの位置	9.3 ~ 9.75	10.4	10.2	
	サーモスタット	(℃)	139 ~ 142	138 ~ 140	138
	ドラム入口温度	(℃)	850 ~ 900	900 ~ 950	920 ~ 980
	ドラム出口温度	(℃)	142 ~ 143	138 ~ 140	139 ~ 143
	牧草の種類		クロバ28.6(%)		チモン71.4(%)
	初期水分	(%)	81.9	80.7	80.9
製品水分	(%)	12.9	11.5	12.5	
性 能	処理量	(kg/h)	3118.2	3487.2	3013.4
	製品量	(kg/h)	648.0	760.5	679.6
	水分蒸発量	(kg/h)	2470.2	2726.7	2333.8
	燃費	(ℓ/h)	215.0	227.8	216.1
	熱消費量	(Kcal/kg)	810.2	774.7	864.5
	乾燥効率	(%)	66.5	69.6	62.4

供試燃料シェルA重油

比重(15/4℃)(kg/ℓ) 0.857

総発熱量(Kcal/kg) 10.820

北海道立工業試験場調

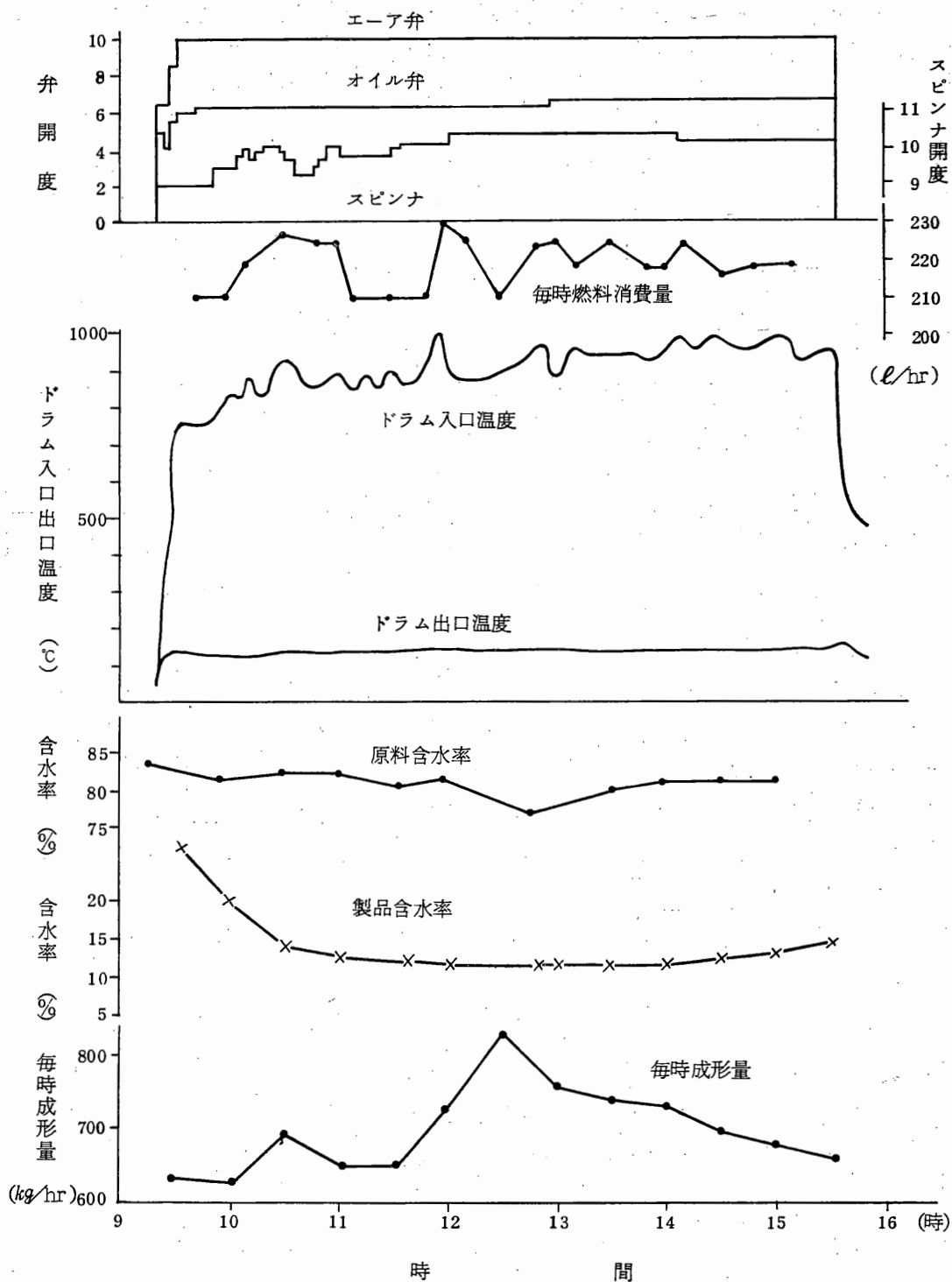


図-8 プラントの運転条件に対する性能の経時記録

運転時間が短かく、オペレータの不慣れもあり、必ずしも安定した運転状態であったとは言えない。原料供給速度に関係するスピナの調節が図-8のように頻繁であり、オイル弁開度に対するスピナ開度を低くして乾燥効率の低下を招いている。ドラムの構造上、乾いたもののみ前進するため、ドラム加熱不十分の時に供給した原料草の一部がドラム内に一時的に停滞し、成形量が一定となっていない。これらは、全てオペレータの操作不慣れから生じた現象であることが明らかである。12時半～14時の短時間の間ではあるが、プラントのカタログ性能を出し得ることは証明している。いずれのプラントでも同様であるが、オペレータの運転操作技術の影響は極めて大きく、表-5および図-8はその一例として参考になろう。

3 各プラントに共通の製造技術上の問題点について

(1) ドラム内温度のコントロール技術

原料草の含水率の多少に関係なく、含水率を10～13%に乾燥することが必要である。また乾燥むらが生ずると、後述するが成形性に大きく影響する。

ドラム内温度のコントロール方式により異なるが、ドラム出口の温度の変動は、即、乾燥むらに通ずると言う点では共通である。

ターラップ・ユニドライのように、原料供給速度が出口温度に比例的に制御される場合は、バーナ火力と原料供給量の関係について最初に設定すると、あとは自動的にコントロールできるので問題は少ない。

しかし、他のプラントでは、ドラム出口温度の感知器が、サーモスタットリレーとして働き、断続的にコントロールするので、オペレータの操作技術の影響が極めて大きい。

すなわち、アトラスのプラントでは、原料供給コンベアの運転停止の間隔がほぼ一定になるよう監視し、バーナ火力又は、コンベア上の原料草の層厚を加減して調節する。

ファンデン・ブルークの場合も同様で、バーナの火力が高低2段に変化する間隔を一定になるように監視し、バーナのオイル弁開度又は、コンベアの層厚を調節する。

現実の運転状況を調査した結果では、この調節がスムーズに行われなかった時に、乾燥性能が安定せず、乾燥が不十分であったり過乾燥になったり、乾燥むらが生じたりしている。

ドライヤの乾燥性能は、バーナ点火時点から、乾燥施設全体が十分加温されるまで徐々に調節して最高性能に達する。ドライヤが完全に安定した運転になるまでの所要時間は、外気温等により異なるが3～5時間以降であり、一旦安定すると原料、外気温等の条件変化に対応する調節は比較的簡単である。

高い乾燥効率を維持するためにも、連続運転時間の長い方が得であると明言できる。

したがって、毎日点火、消火をくり返す作業方法では、オペレータの技術が如何に良くても、年間の燃料損失、不均質な製品の量はかなりに達するものと考えなければならない。

短時間運転をくり返す場合は、ドライヤ稼働当初から燃料消費量に対する原料供給量が限定される方式のターラップユニドライの方式が便利であると言える。

表-6 長時間連続運転におけるヘイキューブ製造能力

(9月13日~14日29時間50分運転)

原 料	毎 時 処 理 量 () 内 水 分	毎 時 成 形 量 () 内 水 分
チモシ、クロバ混ハン2番草、 細断長約 1.5 cm	3,561.5 (kg/hr) (76)	949.7 (kg/hr) (10)

毎 時 蒸 発 量	毎 時 燃 費	毎 時 消 費 電 力	乾 燥 効 率
2,611.8 (kg/hr)	224.3 (ℓ/hr)	83.4 (KWH)	62.6 (%)

表-6は、ファンデン、ブルークAA-25型による長時間運転の一例である。比較的低水分の原料であるが、短時間運転では得られなかった高能率となり、毎時蒸発量も公称能力以上であった。

(2) 原料草の状態が乾燥性能に及ぼす影響

原料草の水分と毎時処理量の関係を表-7に示す。表-2と対比できるように毎時蒸発能力の大きかった例から作表した。しかし、一般的には、予乾原料草でドライヤの公称能力を出す例が少なく、成形性が悪い等の原因もあり問題が多い。確かに予乾草又は低水分の原料草に於いては、燃料消費量、消費電力が少なくなる傾向は認められるが、表-2のような関係で製品量を増加させることは困難であった。

表-7 原料草の水分と毎時処理量の関係(47年ファンデンブルークAA-25型)

月 日	毎 時 処 理 量 () 内 水 分	毎 時 成 形 量 () 内 水 分	毎 時 蒸 発 量 (kg/hr)	毎 時 燃 費 (ℓ/hr)
8 14	3,350 (kg/hr) (86%)	510 (kg/hr) (8%)	2,840	320
8 31	3,206 (81)	677 (10)	2,529	219
9 6	3,322 (76)	876 (9)	2,446	221

製品100kg当り	毎 時 消 費 電 力	製品100kg当り	乾 燥 効 率
45.1 (ℓ/100kg)	67.8 (KWH)	13.3 (KWH/100kg)	71.0 (%)
32.3	71.2	10.5	66.7
25.2	74.4	8.5	63.9

ドライヤの能力に対して、フィードコンベヤシステムおよびプレス能力が制約されていることが主な原因のようである。またドラム自体の材料充てん量にも制約があり、サイクロン、ロータリパルプの容量も制約があり、原料水分を下げても、成形量を相対的に増加できないと考えるべきで

ある。

低水分原料を対象とする計画であれば、プラントの設置計画の段階で製造工程のネックとなる部分の能力に余裕をもたせる必要がある。

原料草の水分が多い場合、ドラム内壁に張りついてしまうことがあるが、この場合はドラムの回転数を増す(10~15 rpm)ことによって解決できる。(アトラスの事例)もし、入口温度が上昇し、出口温度が減少する現象があったとすれば、高水分原料の供給量が過大であったか、霜等に当たって材料自体の温度が低すぎたり、外気が低温高湿であった時等の現象である。このような時は、毎時原料処理量を減じて調節する方が安定した運転を維持しやすい。

次に原料草の細断長の影響について見ると表-8のように、短い程乾燥効率が高い傾向にあることが明らかであった。

表-8 原料草の細断長と乾燥効率の関係

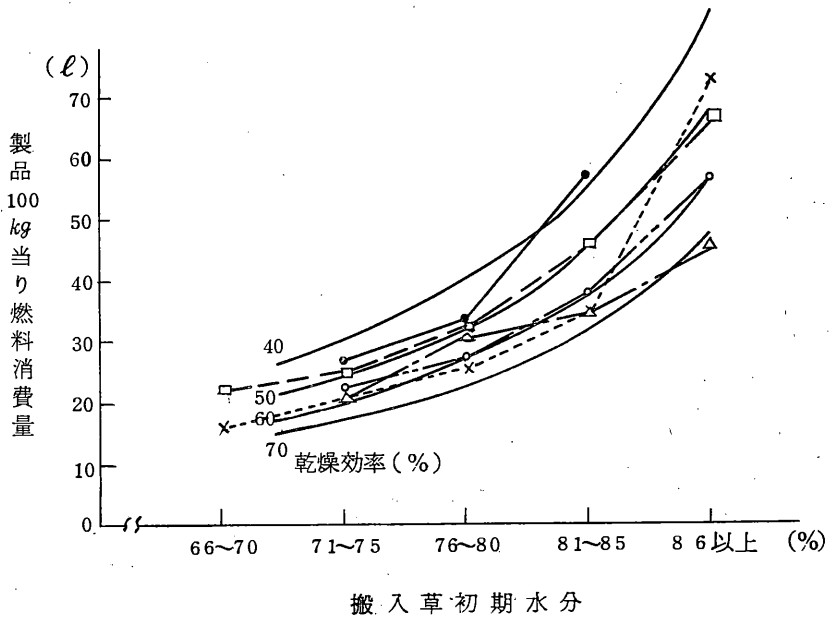
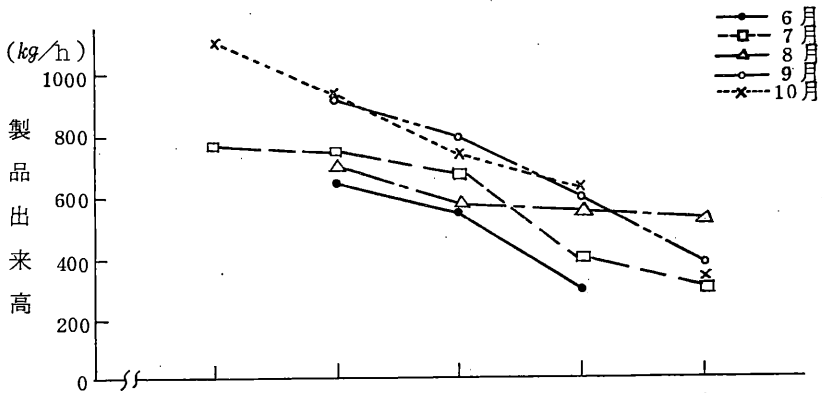
日付	8月7日	8月31日	8月8日	9月1日
切断長 (cm)	5.4	2.9	1.7	1.4
原料水分 (%)	7.8	8.1	7.8	7.4
毎時成形量 (kg/hr)	443.5	696.0	698.3	964.8
毎時蒸発量 (kg/hr)	1254.4	2507.0	2133.7	2370.9
乾燥効率 (%)	54.4	65.9	72.3	76.0

成形機のダイ又はシリンダーの径よりも短かく細断するのが良いとされているが、製品の品質上、許される限り短い方が良い。

圃場の収かく作業能率等の関係もあり、予乾処理効果、プラントの能率、乾燥効率等を勘案して適当な細断長を求めるべきであり、今後の研究課題である。

刈取ステージは、図-9に明らかなように原料草の水分に関係が深い。図中、水分と燃費の関係グラフに於いて、実線は乾燥効率を40、50、60、70%とした時のそれぞれの理論燃費を示したものである。オペレータの技術向上にともなって月を追って実績効率が向上していることがわかる。全体に低い効率であるが、1日の作業時間が6~7時間であったため、その内の順調な運転状態になるまでの時間の全体に占める比率が大きかったためである。

刈取りステージ別	期 別	期 間	搬入草平均水分
1 番 草	前 期	6月19日 ~ 6月30日	76.4 %
	後 期	7月 3日 ~ 7月13日	73.4 %
2 番 草	前 期	7月20日 ~ 8月14日	81.7 %
	後 期	8月28日 ~ 9月14日	78.1 %
3 番 草		9月21日 ~ 11月 1日	81.5 %



図一〇 搬入草初期水分と製品出来高及び製品100kg当り燃料消費量の関係

(3) 成形機に於ける問題点

欧米のプラントは、製品の商品価値を高めるため、多くは、ルーサンを対象としている。

一般にマメ科草はイネ科草より成形性が良いが、我国ではイネ科草を対象とする場合が多く、成形性によってプラントの能力が制約されるケースが、しばしばあった。

ロールダイ方式のプレスでは、材料を均一に供給することと、ロールダイの間隔をできるだけ小さくすることが重要とされている。

このような調節を行った場合でも、成形が困難であったり、固すぎたりするのは主として材料の状態が原因である。

今日までの実験を通じ、経験的に明らかになった事項を列記すると次のごとくである。

a 成形できない場合

(ア) 原料草が遅刈りで、センイが硬化したものが多く、枯れ草が混入した時：チモシーとオーチャードの混播草の刈り遅れの場合に見られる。マメ科のクロバー等が混入すると比較的成形性は良くなる。

(イ) 予乾し過ぎた時：若刈りであっても天日乾燥が進み、表面硬化がある場合に見られる。前項と同じくマメ科の混入があれば、成形性は向上する。

(ウ) 乾燥し過ぎた場合：ドライヤから出た乾草が10%W・B以下に乾いている時である。プレスに供給するところで、スチーム又は噴霧により水を添加すると良くなることもある。(ア、イ)の場合もこの方法で成形性を良くすることは可能であるが、製品の水分が多くなり、含水率が15%W・Bにも達すると保存性が悪くなるので注意を要する。

(エ) プレスの運転当初にダイの孔が空洞の時：成形しやすい材料であれば、供給量を増加すれば短時間で正常な製品が出るようになる。

(オ) センイが長すぎる時：細断長が長すぎると、固まりにくい。ウエーハ成形に於いても同じでシリンダーの径が60mmであっても細断長は15mmぐらいが望ましいとされている。

b 成形できるが、トラブルを生ずる。

(ア) 製品の中にセンイの原形がほとんどない場合。ロールダイ方式に見られる現象であるが、ロールとダイの間隔が、摩耗等で広くなった時に生ずる。

又、材料の供給量が少な過ぎる場合にロール転動面との摩擦が多くなり粉状のものを圧入する形になる。一般に粉状になったものの成形性は非常に良いので、製品は固くなり、材料圧入の所要労力も大きくなって過負荷となる。

(イ) 一時に大量の材料が供給された場合。ロールダイ方式のプレスでは、不均一な供給によって瞬時的に過負荷になり、ロールとダイの間に固くつまる。一旦プレスをとめて、つまった材料を取り除くが、その作業は大変であり、1～2時間要する。一定の供給を行っている時に外部から添加したりする場合注意しなければならない。

(ウ) 製品が非常に固くなる。

考えられる原因は、材料水分の過多、材料供給速度の過小、添加水量の過多、材料の微粉化等々である。ロールダイ方式のプレスでは、マメ科草の混入の多い草を微粉化しやすい。過乾燥に近い材料にして供給速度を大きくすることが対策として考えられる。

一度ダイの中で固くつまると、材料を押し込む圧は大きくなり、次第に過負荷となり、もとに戻しにくい。あまり負荷の大きくならない内に過乾燥状態に切り換えて、固い製品をダイから排出することが必要である。

原料の状態は、1日の中でも変化するので、製品の固さ、水分、プレス電流等について常時監視する必要があり、技術的にも最も困難なコントロールを必要として問題が多い。

以上の外に、現場に於いて発生した問題は多いが、プラント固有の現象と考えられるものもあった。

一般的な製造技術上のポイントとなる事項について概略を述べたが、具体的な問題の解決策のないものもあり、更に研究を必要とする。

プラントの運用に関する問題、原料草に関する問題、収かく運搬作業、製品処理方法等、国産圧縮成形乾草の採算性を向上させるための技術的諸問題が山積している。これらについても、目下種々な角度から研究がすすめられているが、問題提示として本稿が役立てば喜びである。

以 上